

PERBAIKAN SUBGRADE RUAS JALAN PONTIANAK-TAYAN YANG DIPERKUAT DENGAN MENGGUNAKAN GEOTEXTILE DAN CERUCUK

Ade Iwan Kurniawan,¹⁾ Eka Priadi,²⁾ Apriyanto²⁾

Abstrak

Sejalan dengan lajunya pertumbuhan lalu lintas yang selalu meningkat, berbagai usaha dalam rangka memenuhi kebutuhan akan prasarana jalan yang baik semakin berkembang pula. Mengingat kondisi tanah yang terdapat di Kota Pontianak dan sekitarnya merupakan tanah lempung gambut, yang memiliki daya dukung yang relatif rendah, maka harus diadakan perbaikan (stabilisasi) guna menaikkan daya dukung dan kekuatan tanah yang ada. Analisis penurunan tanah dasar pada kondisi dengan perkuatan cerucuk terbukti dapat menambah besarnya daya dukung tanah, dengan ditandai oleh besarnya angka penurunan yang lebih kecil daripada saat tanpa perkuatan cerucuk. Tercatat angka penurunan setelah perkuatan dengan cerucuk yaitu sebesar 17,22 cm, sedangkan pada kondisi tanpa perkuatan, besar penurunannya adalah 212 cm. Dengan demikian, penambahan cerucuk bisa dijadikan salah satu alternatif yang bagus dalam metode perbaikan tanah.

Kata kunci: subgrade, perbaikan, penurunan

1. PENDAHULUAN

Tanah adalah bagian yang sangat penting dari suatu konstruksi, hampir semua pekerjaan teknik sipil tidak dapat terlepas dari peranan tanah. Jenis tanah yang terdapat di Kota Pontianak dan sekitarnya umumnya adalah tanah lempung gambut. Kondisi tanah yang seperti inilah yang menjadi permasalahan, karena mempunyai daya dukung yang rendah serta sulit dipadatkan. Karena kondisi tanah yang demikian, harus diadakan perbaikan (*stabilisasi*) guna menaikkan daya dukung dan kekuatan tanah yang ada. Upaya perbaikan tanah dasar (*subgrade*) tersebut dapat dilakukan dengan berbagai

alternatif seperti, penambahan tanah timbunan, pemasangan geotextile, ataupun pemasangan cerucuk.

2. TUJUAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung besarnya pengaruh penambahan cerucuk terhadap penurunan konsolidasi pada ruas jalan Pontianak-Tayan, khususnya pada STA. 58.

3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Penurunan (*settlement*)

Jika lapisan tanah dibebani, maka penurunan (*settlement*). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT UNTAN
2. Dosen Prodi Tekni Sipil FT UNTAN

berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori/air di dalam tanah tersebut. Jumlah dari regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanah. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Penurunan segera dan konsolidasi terjadi hampir bersamaan pada tanah berbutir kasar.

Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) terjadi pada tanah berbutir halus memerlukan waktu, yang lama. Penurunan ini dikonstruksikan oleh sifat elastik tanah dan terjadi segera setelah lapisan tanah menerima beban.

Secara analitis penurunan segera dapat dihitung dengan persamaan berikut (Janbu, Bjerrum, dan Kjaernsli, 1956).

$$S_e = \frac{\mu_1 \mu_0 q_n B}{E}$$

Dengan:

- μ_1 = faktor koreksi untuk lapisan tanah total terbatas H.
- μ_0 = faktor koreksi untuk kedalaman pondasi D.
- q_n = tegangan kerja
- B = lebar beban terbagi rata untuk luasan empat persegi panjang.
- E = modulus elastisitas tanah

Penurunan konsolidasi terjadi akibat keluarnya sebagian kandungan air dari lapisan tanah sehingga tanah menjadi lebih mampat. Penurunan konsolidasi ini terjadi dalam rentang waktu yang lebih lama dan jauh lebih besar dibanding penurunan segera.

Penurunan Konsolidasi Primer atau konsolidasi hidrodinamis, yaitu penurunan yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang meninggalkan tanah akibat adanya tambahan tekanan. Proses konsolidasi primer sangat dipengaruhi oleh sifat tanah, seperti: permeabilitas, kompresibilitas, angka pori, bentuk geometri tanah termasuk tebal lapisan mampat, pengembangan arah horisontal dari zona mampat, dan batas lapisan lolos air, di mana air keluar menuju lapisan yang lolos air ini.

$$S_c = \frac{C_c H}{1+e_0} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o}$$

Dengan:

- P_o = tegangan efektif tanah akibat berat sendiri.
- ΔP = penambahan tegangan
- C_c = koefisien kompresibilitas
- e_0 = angka pori

3.2. Geotextile

Geotextile adalah material sintetis atau buatan manusia yang berbentuk tekstil yang memiliki sifat lolos air/ tembus air dan digunakan dalam pekerjaan teknik sipil yang berhubungan dengan bumi atau tanah. Pada umumnya penggunaan *geotextile* dalam aplikasi geoteknik memiliki salah satu dari ketiga fungsi berikut:

a. Separasi (*separation*)

Desain ini dimaksudkan untuk mencegah material urugan bercampur dengan tanah dasar. Dengan kekuatan tarik yang tinggi, geotextile akan mendistribusikan tegangan yang timbul akibat bekerjanya beban di atas timbunan ke dalam bidang yang

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT UNTAN
2. Dosen Prodi Teknik Sipil FT UNTAN

lebih besar, sehingga dengan ketebalan yang sama dapat menahan beban yang lebih besar. Karena geotextile menerima gaya tegak lurus bidangnya dan dari dua sisi yang (mungkin) berbeda, maka diperhatikan :

- Tahanan pecah (bursting resistance)
Akibat tekanan vertikal dua butiran agregat pada geotextile, maka material disisi lain akan mendorong lapisan geotextile sebagai perlawanan yang berada di antara dua butiran tersebut (gambar 2.12).

Dari kondisi ini diperhitungkan faktor keamanan :

$$FS = \frac{3,6 P_{geotextile}}{da P'}$$

dimana :

- $P_{geotextile}$ = Grab Tensile Strength bahan yang disyaratkan (kg)
- da = Diameter buatan rata-rata (m)
- p' = Tegangan yang timbul dipermukaan geotextile diambil lebih kecil atau sama dengan tekanan roda yang bekerja
- Grabbing Effect (Grab Tensile Test)

Dihasilkan dari adanya dua beban terpusat yang bekerja bersama-sama yang dihasilkan oleh butiran batu/ agregat.

$$FS = \frac{T_{ijin}}{T_{perlu}}$$

$$FS = \frac{P_{geotextile} \cdot d_{test}}{P' \cdot dv}$$

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT UNTAN
2. Dosen Prodi Tekni Sipil FT UNTAN

dimana :

- P_{geotex} = Grab Tensile Strength
- d_{test} = diameter alat test (ASTM D 4632.86)
- = 10 cm
- P' = Tegangan yang ditimbulkan oleh roda kendaraan
- Dv = diameter antar batuan (diambil 0,4x diameter batu / agregat).

- Snagging effect (Puncture Resistance);

Dihasilkan karena terjadi coblosan kecil pada bahan dan bahan yang sudah tercoblos tersebut harus menerima beban tarik. Dari penurunan rumus pada buku *Designing with Geosynthetics Second Edition* by Robert M. Koerner, Ph.D.P.E. item 5.4 *puncture (tear) resistance* didapat :

$$T_{reg} = 0,00495 \cdot da \cdot P'$$

dimana :

- T_{reg} = puncture resistance geotextile yang diisayatkan (lb)
- da = diameter satuan rata-rata
- P' = tegangan akibat roda kendaraan (lb/m²)

Jika dikonversikan ke satuan S.I didapat :

$$T_{reg} = 7,9559 \cdot 10^{-2} \cdot da \cdot P'$$

b. Filtrasi (filtration)

Sebagai filter geotextile akan menahan butiran tanah dasar supaya tidak “lari” ke atas pada waktu terjadi “pumping” maupun “piping”. Menurut Giround (1982), geotextile

sebagai filter harus memenuhi dua persyaratan sebagai berikut :

1. Permeability (rembesan) ;
Mengalirkan cairan tetapi tidak membangkitkan akses tekanan hidrostatik pori di dalam geotextile.

$$K_g > A \cdot K_s$$

dimana :

K_g = koefisien rembesan geotextile (cm/dt), harga ini sudah dicatat pada brosur spesifikasi geotextile.

K_s = koefisien rembesan tanah (After A. Casagrande, 1938, with minor edition) Geotechnical Engineering Robert D. Holtz & William D. Kovacs.

A = angka keamanan.

2. Retention (Filtrasi/ penyaringan) ;
Geotextile menahan fraksi halus sehingga lambat laun akan menyaring tanah yang lewat, sehingga aliran yang lewat akan lebih melaju.

$$0.90 < B \cdot D$$

dimana :

0.90 = apparent opening size (90% dari lubang-lubang geotextile yang ada lebih kecil dari harga 0.90).

D = diameter butiran tanah (90% butiran tanah memiliki diameter lebih kecil dari D_{90}).

B = koefisien (faktor keamanan).

Harga 0.90 sudah dicatat pada brosur spesifikasi geotextile sedang harga D_{90} diambil dari grain size

range according to several engineering soil classification system (modified after Al Hussaini, 1977) Geotechnical Engineering Robert D. Holtz & William D. Kovacs.

c. Perkuatan (*reinforcement*)

Tanah sebagaimana beton diketahui tidak mempunyai nilai struktur terhadap tarik. Namun dikombinasikan dengan geotextile sebagai penulangannya dapat dibuat konstruksi perkuatan tanah atau peninggian tanah dengan sudut kecuraman yang besar bahkan sampai tegak lurus.

Pemakaian geotextile sebagai perkuatan efektif untuk kondisi tanah dasar dengan nilai $CBR < 3,0$. Untuk nilai $3,0 < CBR < 10,0$ biasanya pemakaian geotextile untuk desain tertentu di mana fungsi perkuatan bukanlah fungsi primer, sedangkan untuk nilai $CBR > 10,0$ geotextile sebagai perkuatan sama sekali tidak berfungsi.

Manfaat perkuatan dengan *geotextile* adalah menyediakan stabilitas kekuatan tanah sampai suatu waktu dimana tanah lunak di bawah timbunan mengalami konsolidasi (dan meningkatnya kekuatan geser tanah) sampai mempunyai cukup kekuatan untuk menahan beban timbunan di atasnya.

3.3. Pondasi Tiang

Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah keras terletak sangat dalam. Pondasi jenis ini dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin.

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT UNTAN
2. Dosen Prodi Teknik Sipil FT UNTAN

Pondasi tiang ini bisa terbuat dari berbagai material seperti kayu, beton, ataupun baja.

Proses pemancangan tiang ke dalam tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti

1. Pemancangan menggunakan vibrator (alat penggetar) yang diikatkan dikepala tiang.
2. Pemancangan dengan cara mendongkrak tiang.
3. Pemancangan dengan pukulan secara tetap pada kepala tiang dengan menggunakan sebuah martil.
4. Pemancangan dengan cara membor sebuah lubang, kemudian memancarkan tiang ke dalamnya.

Tiang gesek adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah disekitarnya. Tahanan gesek dan pengaruh konsolidasi lapisan tanah di bawahnya diperhitungkan pada hitungan kapasitas tiang. Menurut Meyerhof, daya dukung tiang merupakan kombinasi tahanan ujung dan tahanan friksi, yaitu:

$$Q_{ult} = q_c A_b + T_F p$$

Dengan :

A_b = luas penampang ujung tiang

P = keliling tiang

q_c = tahanan ujung konus

T_F = total friksi

4. PEMBAHASAN

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT UNTAN
2. Dosen Prodi Tekni Sipil FT UNTAN

4.1. Analisa Desain Pemakaian Geotextile

Untuk perhitungan atau analisa pada penulisan ini didasarkan pada fungsi pemakaian geotextile itu sendiri, sedangkan jenis geotextile yang dipakai adalah jenis Stablenka St 100/60 yang memiliki data-data teknis sebagai berikut :

Tabel 1. Data-data teknis geotextile yang digunakan dalam analisa

No	Unit	Satuan	St 100/60
1	Arah memanjang (Warp)		
a.	Kuat tarik batas (UTS)	kN/m	100
b.	Elongation at break	%	9
2	Arah melintang (Weft)		
a.	Kuat tarik batas (UTS)	kN/m	60
b.	Elongation at break	%	20
3	Berat	gr/m ²	260
4	Koefisien permeabilitas	cm/s	0,5
5	Sieve Analysis (090)	micro meters	200

4.1.1. Desain Sebagai Separator atau Pemisah

a. Grabbing Effect

$$FS = \frac{T_{ijin}}{T_{perlu}} = \frac{P_{geotex} \cdot d_{test}}{P' \cdot dv}$$

$$T_{ijin} = \frac{T_{ult}}{FS_p}$$

$$T_{ijin} = T_c / (u_1 \times u_2 \times u_3 \times F_1 \times F_2)$$

Dengan:

T_c = kuat tarik batas dari geotextile berdasarkan perilaku rangkai / (creep)

u_1 = faktor kerusakan mekanis; untuk bahan yang tidak lebih kasar dari pasir dapat diambil 1,17

u_2 = faktor kerusakan kimiawi; untuk lingkungan normal tanah dasar dengan pH antara 5-8 diambil 1,0

u_3 = faktor kerusakan oleh jasad renik; 1,02

F_1 = faktor kemungkinan deviasi pada harga parameter; 1,10

F_2 = faktor keamanan konvensional; 1,0

Dari hasil perhitungan, didapat

$$T_{ijin} = 4,875 \text{ t/m}$$

$$T_{perlu} = 3,25 \text{ t/m}$$

b. Snagging Effect

T_{perlu} = Puncture resistance geotextile yang diisyaratkan

$$T_{perlu} = 0,079559 \cdot d_a \cdot P'$$

Jika diasumsikan kontak roda kendaraan dengan permukaan badan jalan = $0,16 \text{ m}^2$ dan beban yang bekerja = 6 ton, maka $P' = 6 \text{ ton} / 0,16 \text{ m}^2 = 37,5 \text{ t/m}^2$

Sehingga :

$$\begin{aligned} T_{perlu} &= 0,079559 \cdot 0,2 \cdot 37,5 \\ &= 0,59669 \text{ t/m} = 5,9669 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4.1.2. Desain Sebagai Filtrasi/ Filter

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT UNTAN
2. Dosen Prodi Tekni Sipil FT UNTAN

Syarat Permeability (rembesan) dimana :

K_g = koefisien rembesan goetextile
= $5 \text{ L/M}^2/\text{S} = 0,5 \text{ cm/s}$ (dari brosur)

K_s = koefisien rembesan (soil)
 10^{-4} cm/s , diambil dari figur 7,6 (After A casagrande, 1938 with minor eddition)
Geotechnical Engineering Robert D. Holtz & William D. Kovacs.

A = Angka keamanan (ditentukan)
= 2

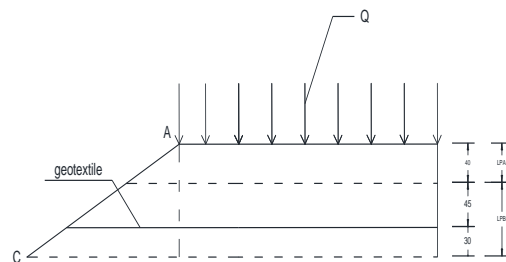
Sehingga :

$$0,5 \text{ cm/s} > 2 \cdot 10^{-4} \text{ cm/s}$$

(memenuhi syarat)

Karena harga koefisien rembesan geotextile lebih besar daripada koefisien rembesan tanah itu sendiri, maka dapat dikatakan bahwa geotextile stabilenka 100 St 100/60 memenuhi syarat.

4.1.3. Desain sebagai reinforcement



Gambar 1. Timbunan yang ditinjau

Dari hasil perhitungan didapat ultimate tensile strength perlu yang bekerja pada timbunan, $P_a = 2,255 \text{ ton}$
Syarat internal stability

$$\frac{T}{SF} \geq P_a \rightarrow SF \text{ diambil} = 2,0$$

Sehingga,

$$T \geq P_a \cdot SF$$

$$T \geq 2,255 \cdot 2,0$$

$$T \geq 4,51 \text{ t/m}$$

Jadi, tensile strenght minimum = 4,51 t/m
= 45,1 kN/m

Ultimate tensile strenght untuk stabilenka
St. 100/60 = 100 kN/m

45,1 kN/m < 100 kN/m → aman !!

Karena harga UTS minimum masih lebih kecil daripada UTS ijin geotextile, maka geotextile tersebut memenuhi syarat, sehingga mampu menahan beban yang bekerja.

4.1.4. Desain Overall Stability

$$\text{Tijin} = \frac{64\% \times \text{UTS}}{(1,17 \times 1,0 \times 1,02 \times 1,1 \times 1,0)}$$

$$= 64\% \times \text{UTS} / 1,31$$

$$48,75 \text{ kN} = 64\% \times \text{UTS} / 1,31$$

$$\text{UTS} = 1,31 \times 48,75 \text{ kN} / 64\%$$

$$\text{UTS} = 99,78 \text{ kN}$$

Jadi, nilai UTS yang diperlukan adalah
99,78 kN

99,78 kN ≤ 100 kN → Stabilenka
St.100/60 memenuhi syarat.

Untuk stabilitas secara keseluruhan (*overall stability*), geotextile juga dapat dikatakan memenuhi syarat, karena nilai UTS perlu nya masih lebih kecil daripada UTS ijin geotextile itu sendiri.

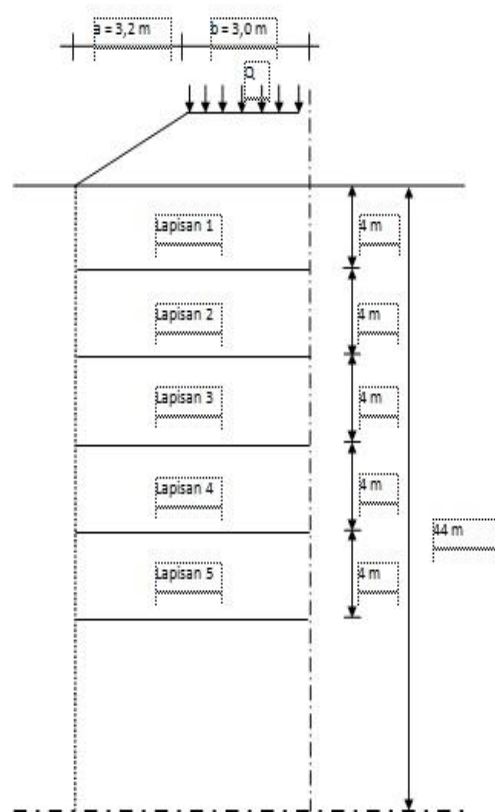
4.2. Perhitungan Penurunan Konsolidasi tanpa Perkuatan Cerucuk.

Analisis dilakukan pada tanah, dimana tanah dibagi menjadi 11 lapisan hingga kedalaman 44 meter.

Perhitungan penurunan konsolidasi dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT UNTAN
2. Dosen Prodi Tekni Sipil FT UNTAN

$$S_c = \frac{C_c \cdot H}{1+e_0} \log \left(\frac{P_o + \Delta P}{P_o} \right)$$



Gambar 2. Lapisan tanah yang ditinjau

Lapisan tanah ditinjau sampai pada kedalaman ± 44 meter. Dalam perhitungan penurunan lapisan tanah dasar dibagi menjadi 11 lapisan dengan tebal masing-masing lapisan adalah 4 meter. Perhitungan pertambahan tegangan tiap-tiap lapisan selanjutnya ditabelkan dalam tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan tambahan
tegangan tiap lapisan

Lapisan	Kedalaman (Z) (m)	a (m)	b (m)	a/z (m)	b/z (m)	Influence value (I)	$\Delta\sigma_1 =$ $2 \cdot I \cdot Q$
1	4	3,2	3	0,80	0,75	0,41	7,96
2	8	3,2	3	0,40	0,38	0,30	5,83
3	12	3,2	3	0,27	0,25	0,20	3,88
4	16	3,2	3	0,20	0,19	0,18	3,50
5	20	3,2	3	0,16	0,15	0,11	2,14
6	24	3,2	3	0,13	0,13	0,10	1,94
7	28	3,2	3	0,11	0,11	0,09	1,75
8	32	3,2	3	0,10	0,09	0,09	1,75
9	36	3,2	3	0,09	0,08	0,03	0,58
10	40	3,2	3	0,08	0,08	0,03	0,58
11	44	3,2	3	0,07	0,07	0,02	0,39

Untuk lapisan 1,

Dari hasil boring, pada kedalaman \pm 4,00 m, didapat $\gamma = 1,222 \text{ t/m}^3$, $H_1 = 4$ m ; $C_c = 0,664$; $e = 0,955$ sehingga :

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \gamma \cdot \frac{1}{2} H_1 \\ &= 1,222 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ m} \\ &= 2,44 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_c &= \frac{C_c \cdot H}{1+e_0} \log \left(\frac{P_o + \Delta P}{P_o} \right) \\ &= \frac{0,664 \cdot 4}{1+0,955} \log \left(\frac{2,44+7,96}{2,44} \right) \\ &= 0,85 \text{ m}\end{aligned}$$

Untuk lapisan 2,

Dari hasil boring, pada kedalaman \pm 8,00 m, didapat $\gamma = 1,250 \text{ t/m}^3$, $H_2 = 4$ m ; $C_c = 0,98$; $e = 0,977$ sehingga :

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \gamma \cdot \frac{1}{2} H_1 \\ &= 1,222 \text{ t/m}^3 \cdot 4 \text{ m} + 1,250 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ m} \\ &= 7,39 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_c &= \frac{C_c \cdot H}{1+e_0} \log \left(\frac{P_o + \Delta P}{P_o} \right) \\ &= \frac{0,98 \cdot 4}{1+0,977} \log \left(\frac{7,39+5,83}{7,39} \right) \\ &= 0,50 \text{ m}\end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya,
ditabelkan dalam tabel berikut:

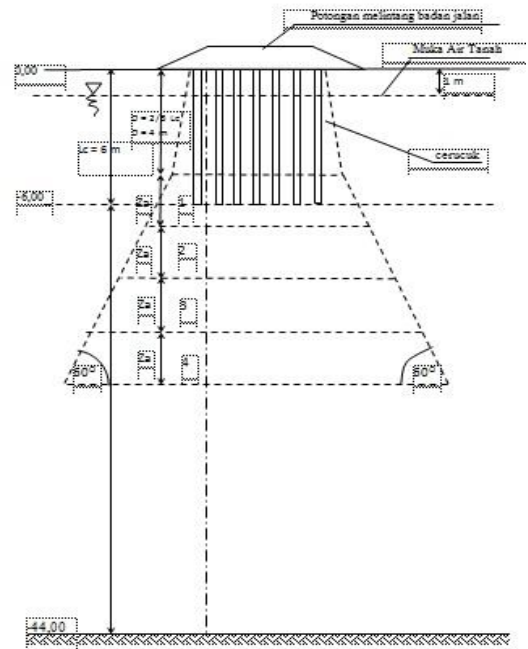
1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT UNTAN
2. Dosen Prodi Tekni Sipil FT UNTAN

Tabel 3. Hasil perhitungan konsolidasi tanpa perkuatan cerucuk

Lapisan	Kedalaman dipusat lapisan (m)	ΔP (t/m ²)	Sc (cm)
1	4	7,96	85,0
2	8	5,83	50,0
3	12	3,88	20,0
4	16	3,50	12,0
5	20	2,14	14,0
6	24	1,94	11,0
7	28	1,75	8,0
8	32	1,75	7,0
9	36	0,58	2,0
10	40	0,58	2,0
11	44	0,39	1,0
Total Consolidation Settlement			212

Setelah ditabelkan, maka didapat angka konsolidasi totalnya sebesar 212 cm.

4.3. Perhitungan Penurunan Konsolidasi dengan Perkuatan Cerucuk.



Gambar 3. Lapisan tanah yang ditinjau

Untuk lapisan 1,

$$Z = Z_a / 2 = 4,0 / 2 = 2,0 \text{ m}$$

$$L_1 = 5,00 \text{ m}$$

$$B_1 = 5,00 \text{ m}$$

$$Q = 87,39 \text{ ton}$$

Kedalaman di pusat lapisan 1

$$= \frac{2}{3} L_c + Z$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 6 + 2 = 6 \text{ m}$$

Dari hasil boring, pada kedalaman $\pm 4,00$ m, didapat $\gamma = 1,222 \text{ t/m}^3$. $H_1 = 4,0$ m. Kedalaman di pusat Lapisan 1 = 6,0 m didapat $\gamma_1 = 1,222 \text{ t/m}^3$; $C_c = 0,664$; $e = 0,955$ sehingga

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT UNTAN
2. Dosen Prodi Tekni Sipil FT UNTAN

$$\Delta\sigma_1 = \frac{Q}{(L+Z)(B+Z)}$$

$$= \frac{87,39}{(5,00+2,0)(5,00+2,0)} = 1,809 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \gamma \cdot H + \gamma_1 \cdot \frac{1}{2} H_1 \\ &= 1,222 \text{ t/m}^3 \cdot 4 \text{ m} + 1,222 \text{ t/m}^3 \cdot 2,0 \text{ m} \\ &= 7,271 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta S_c &= \frac{Cc \cdot H}{1+e_0} \log\left(\frac{\sigma_1 + \Delta\sigma_1}{\sigma_1}\right) \\ &= \frac{0,664 \cdot 4,0}{1+0,955} \log\left(\frac{7,271+1,809}{7,271}\right) \\ &= 0,128 \text{ m} \\ &= 128 \text{ mm} = 12,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

Untuk lapisan 2,

$$Z = Z_a + Z_a / 2 = 4,0 + 4,0 / 2 = 6,0 \text{ m}$$

$$L_1 = 5,00 \text{ m}$$

$$B_1 = 5,00 \text{ m}$$

$$Q = 87,39 \text{ ton}$$

Kedalaman di pusat lapisan 2

$$= \frac{2}{3} L_c + Z$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 6 + 6 = 10 \text{ m}$$

Kedalaman di pusat Lapisan 2 = 10 m
dari hasil boring didapat $\gamma_2 = 1,250 \text{ t/m}^3$;
 $Cc = 0,980$; $e = 0,955$; $H_2 = 4,0 \text{ m}$.

Sehingga

$$\Delta\sigma_1 = \frac{Q}{(L+Z)(B+Z)}$$

$$= \frac{87,39}{(9,50+6,0)(9,50+6,0)} = 0,37 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= [\gamma \cdot H] + [\gamma_1 \cdot H_1] + [\gamma_2 \cdot \frac{1}{2} H_2] \\ &= [1,222 \text{ t/m}^3 \cdot 4 \text{ m}] + [1,222 \text{ t/m}^3 \cdot 4 \text{ m}] \\ &\quad + [1,250 \text{ t/m}^3 \cdot 2 \text{ m}] \\ &= 12,09 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\Delta S_c = \frac{Cc \cdot H}{1+e_0} \log\left(\frac{\sigma_1 + \Delta\sigma_1}{\sigma_1}\right)$$

$$= \frac{0,980 \cdot 4,0}{1+0,977} \log\left(\frac{12,09+0,37}{12,09}\right)$$

Lapisan	Kedalaman dipusat lapisan (m)	ΔP (t/m ²)	S_c (cm)
1	6	0,201	12,8
2	10	0,041	2,5
3	14	0,017	0,7335
4	18	0,009	0,2665
5	22	0,053	0,3316
6	26	0,036	0,3213
7	30	0,026	0,1152
8	34	0,020	0,0754
9	38	0,015	0,0529
10	42	0,000	0,00187
11	44	0,010	0,02784
Total Consolidation Settlement			17,226

$$= 0,0253 \text{ m}$$

$$= 25 \text{ mm} = 2,5 \text{ cm}$$

Selanjutnya, hasil perhitungan ditabelkan seperti berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan konsolidasi dengan perkuatan cerucuk

Setelah ditabelkan, maka didapat angka konsolidasi totalnya sebesar 17,226 cm. Angka ini lebih kecil daripada perhitungan pada kondisi sebelumnya (kondisi tanpa perkuatan cerucuk), yang berarti, dengan adanya penambahan cerucuk, maka dapat memperkecil angka penurunan konsolidasinya.

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT UNTAN
2. Dosen Prodi Tekni Sipil FT UNTAN

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dalam perhitungan konsolidasi tanpa perkuatan cerucuk, besar penurunan yang terjadi adalah 212 cm, sedangkan pada kondisi dengan perkuatan cerucuk, besar penurunannya adalah 17,22 cm. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan cerucuk, maka dapat meningkatkan besarnya daya dukung tanah pada lokasi tersebut.
2. Dengan adanya penambahan cerucuk, maka dapat memperkecil angka penurunan konsolidasi pada tanah, sehingga besar penurunannya menjadi semakin kecil.
3. Geotextile yang digunakan adalah bersifat sebagai separator, dengan besarnya kuat tarik 100 kN/m arah memanjang dan 60 kN/m arah melebar.

Daftar Pustaka

- ASTM Committee D-35, ASTM Standards on Geosynthetics, Philadelphia, 1991.
- Aziz, Aswandi A., Ihsan, Miki. 2009. *Perencanaan Pondasi Tiang*. Pontianak.
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Teknik Fondasi 1*. Yogyakarta: Beta Offset.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Teknik Fondasi 2*. Yogyakarta: Beta Offset.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: Beta Offset

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT UNTAN
2. Dosen Prodi Tekni Sipil FT UNTAN